

Uso do sulfato de alumínio e do tanino vegetal no tratamento de água

**SANTOS, Wesley Natanael de Araujo^{1*}; BATISTA, Isabela Ferreira¹;
MICHELAN, Denise Conceição de Gois Santos²; SANTOS, Debora de Gois²;
MENDONÇA, Luciana Coêlho²**

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe;

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe;

* Autor de correspondência. E-mail: wesleynatanael1904.wn@gmail.com

RESUMO

Em decorrência da degradação da qualidade da água dos mananciais abastecedores para consumo humano, as Estações de Tratamento de Água (ETA) têm utilizado cada vez mais produtos químicos, como auxílio à remoção de substâncias presentes na água bruta. Embora existam formas e obrigatoriedades no tratamento das substâncias removidas da água (lodo) para torná-la potável, o descarte inadequado desse lodo pode comprometer tanto a qualidade da água quanto o entorno natural do manancial receptor. Assim, o trabalho objetivou capturar água do rio Poxim, utilizada para abastecimento humano do município de Aracaju, e adicionar por meio do equipamento simulador das etapas de tratamento, jar test, dosagens do coagulante químico sulfato de alumínio e do coagulante natural o tanino vegetal, com intuito de se verificar a eficiência do tratamento com ambos os coagulantes, em amostragens sazonais. Ao longo dos períodos de decantação da água no jar test, foram realizadas análises acerca dos parâmetros pH, cor aparente e turbidez da água tratada e, com auxílio da filtração, os mesmos parâmetros foram caracterizados. A metodologia foi pautada no procedimento analítico desenvolvido com base no Standard Methods (2012), e os resultados de ambos os coagulantes foram comparados aos critérios estabelecidos pela Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011).

Palavras-chave: Tratamento de água; Sulfato de alumínio; Tanino vegetal; Meio ambiente.

Use of aluminium sulphate and vegetable tannin in water treatment

ABSTRACT

Due to the water quality degradation of the providers springs for human consumption, water treatment plants (ETA) have increasingly used chemical products, as aid to the removal of substances present in raw water. Although there are ways and imposes obligations on the treatment of substances removed from water (sludge) to make it drinkable, the inappropriate disposal of this sludge can affect both the quality of the water as the natural environment of the source receiver. The present work aimed to capture water from the Poxim river, used for human supply in the city of Aracaju, and to add through the simulator equipment of the treatment steps, jar test, dosages of the chemical coagulant aluminum sulfate and the Natural Coagulant the vegetable tannin, in order to verify the efficiency of both coagulants, based on seasonal sampling. Over the periods of decanting of water in the jar test were performed on the analysis parameters, pH and turbidity, apparent color of the treated water and, with the aid of filtration, the same parameters were characterized. With the same dosage used in the jar test, it was also possible to determine the sludge volume due to the application of coagulants. The methodology was based on the analytical procedure developed based on the Standard Methods (2012), and the results of both coagulants were compared to the criteria established by Ordinance No. 2914 (BRAZIL, 2011).

Keywords: Water treatment; Aluminium sulphate; Vegetable tannin; Enviroment.

1 Introdução

O alto crescimento demográfico que eclodiu principalmente nos períodos das revoluções industriais, trouxe consigo a poluição necessária para tornar o consumo da água inadequado, muito embora houvesse processos rudimentares de tratamento. Atualmente, as causas e os níveis de poluição dos mananciais são elevados e por esse motivo, é necessário que a água passe por processos de tratamento na Estação de Tratamento de Água (ETA) com o objetivo de eliminar contaminantes físicos, químicos e biológicos.

Entre as diversas técnicas de tratamento usadas no Brasil, a mais comum é a convencional (HELLER; PÁDUA, 2010). Nesta técnica, são adicionadas substâncias denominadas agentes coagulantes, para facilitar a formação de flocos. Os coagulantes atuam desestabilizando as partículas em suspensão na água, diminuindo as forças que as mantêm separadas, fazendo com que elas se aglutinem formando flocos mais fáceis de decantar (RICHTER, 2009). A adição desses produtos, de acordo com Von Sperling (2005), proporciona geração de lodo pela quantidade de sólidos removidos dos líquidos.

Embora existam formas e obrigatoriedades para disposição adequada desses resíduos, muitas ETA's dispunham o lodo gerado no solo ou mesmo em corpos hídricos. Como esses resíduos são resultantes da associação das impurezas com subprodutos dos sais utilizados no tratamento de água, seja a base de ferro ou alumínio, passou-se a ter a preocupação com a quantidade de metais incorporado e como consequência, o que os mesmos poderiam ocasionar à água do manancial e ao solo. Em vista disso, a utilização de coagulantes de origem natural a exemplo dos taninos, surge como alternativa, pois a reação com as impurezas da água precipita proteínas aderidas, gerando assim lodo mais inofensivo.

Em termos de normatização nacional, a água destinada ao consumo humano deve estar livre de contaminantes que possam comprometer a saúde daqueles que a consomem, assim, o Ministério da Saúde através da Portaria n°. 2.914 estabelece padrões de potabilidade, de forma a garantir a qualidade da água distribuída para a população (BRASIL, 2011). Esses padrões devem, portanto, ser respeitados na distribuição de água pelas concessionárias responsáveis por tratar e distribuir à população.

Para adequar a água aos padrões de potabilidade, é comum no tratamento convencional utilizar coagulantes químicos. A exemplo, o sulfato de alumínio é o coagulante inorgânico mais vastamente utilizado para o tratamento de água de abastecimento e, ainda que seja barato, eficiente e contar com alta disponibilidade, ele tem característica acumulativa. Com o passar do tempo a quantidade de alumínio acumulada, nos lençóis subterrâneos e até nas águas de

superfície, já poderão representar risco por si só (FIORENTINI, 2005). Estudos apontam sérios problemas ao usar sais de alumínio relacionados à doença de Alzheimer e outros problemas de saúde associados ao alumínio residual (DEVIRIMCI *et al.*, 2012), além da biodegradabilidade, toxicidade e índice de produção de lodos residuais.

Em contrapartida, coagulantes poliméricos a partir de compostos derivados de taninos vegetais, têm se mostrado eficientes no tratamento de líquidos (CORAL *et al.*, 2009). A grande quantidade de árvores tanantes no Brasil apresenta-se como vantagem ao uso deste produto. O Tanfloc é um polímero natural produzido a partir do tanino vegetal e se comporta como coagulante obtido da planta *Acacia mearnsi de Willd*, a acácia negra (MANGRICH *et al.*, 2014).

Os taninos são moléculas fenólicas biodegradáveis, as quais possuem a capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais (CASTRO SILVA *et al.*, 2004), podendo vir a ser eficiente na remoção de partículas presentes na água. Atua em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, processo que é responsável pela formação dos flocos e, por consequência, a sedimentação (CORAL *et al.*, 2009).

Assim, a fim de minimizar o impacto negativo de cargas de contaminação no corpo hídrico, visa-se comparar o uso do sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), coagulante químico utilizado na ETA Poxim, com o coagulante natural tanino vegetal à base de acácia negra, em tratamento de água para consumo humano, no que tange os parâmetros pH, cor aparente e turbidez. Buscando monitorar a qualidade da água do rio com adição de ambos coagulantes acerca dos parâmetros citados, bem como comparar os resultados encontrados com os limites estabelecidos pela Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011).

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo faz parte da bacia hidrográfica do Rio Sergipe, a qual se enquadra como a maior bacia em grau de importância econômica para o estado de Sergipe e está dividida em cinco Unidades de Planejamento (UP). O Rio Poxim é afluente do rio Sergipe estando situado na UP que corresponde a aproximadamente 10% da bacia do Rio Sergipe (SEMARH, 2015).

Ainda segundo a Semarh (2015), o Rio Poxim produz grande volume de água, sendo responsável por praticamente 100% da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Sergipe. Atualmente o Poxim vem recebendo, por parte da comunidade ribeirinha, contribuição de despejos irregulares de esgoto doméstico à montante da captação de água da concessionária

de abastecimento do município de Aracaju/SE. Tal aporte acarreta na degradação do recurso hídrico e estimula a eutrofização das águas nas margens do rio.

O rio Poxim é um manancial que serve de abastecimento para parte da cidade de Aracaju/SE. O tratamento da água é realizado na ETA Poxim que possui vazão de captação de 2600m³/h. O sistema de tratamento usado na ETA é o convencional e os produtos químicos utilizados são sulfato de alumínio concomitante ou não com carvão ativado em pó, cal hidratada, cloração e ácido fluorssilícico para a flouretação.

A água de estudo foi capturada no ponto de captação da ETA Poxim, localizada na margem do município de Aracaju/SE, de setembro de 2017 quando houve autorização de acesso à ETA Poxim até junho de 2018, perfazendo 7 coletas. A água foi armazenada em garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) de água mineral, previamente higienizada e em seguida encaminhada ao laboratório de Saneamento e Meio Ambiente (SAMA), localizada no Departamento de Engenharia Civil (DEC/UFS) onde foram analisadas.

2.2 Preparação das soluções

A quantidade de coagulante necessária para o tratamento da água está diretamente relacionada com as características da água bruta, sendo assim a dosagem ótima de coagulante variou conforme a qualidade do manancial abastecedor, bem como em função das estações sazonais.

Assim, como bem definido por Piantá (2008), foi usado uma solução de 1% de tanino vegetal, para isso foi pesado 1 g do coagulante e diluído em 100 mL de água destilada, para obter a concentração de 22,5 mg/L. A solução de Sulfato de alumínio foi preparada pesando 15 g de sulfato e diluindo em 100mL de água para obter a solução a 15%.

2.3 Ensaios de tratabilidade

Ensaio no jar test

Em laboratório, foi utilizado o equipamento denominado *Jar Test* para fazer a simulação das etapas iniciais de tratamento que ocorrem em estações de tratamento convencionais, e assim determinar as variações de dosagem de coagulante com maior eficiência na remoção de partículas solúveis. O equipamento da marca Policontrol contém 3 cubas de simulação (jarros) com suporte de volume de 2000 mL cada uma.

O aparelho permite simular os processos de coagulação, floculação e decantação, divergindo apenas no gradiente de velocidade e no tempo em que a água em tratamento permanecerá nessa unidade.

Os ensaios com esse equipamento foram realizados utilizando-se volume de 2000 mL de água *in natura* a ser tratada, em cada um dos três jarros do aparelho, reproduzindo assim a mistura do coagulante em escala real. Após a leitura da turbidez, cor aparente e pH da água bruta, a água das garrafas PET foi depositada nos jarros. No primeiro deles, foi adicionado a dosagem do coagulante químico, na cuba ao meio nenhum coagulante foi adicionado, contendo apenas água bruta, e por fim, no terceiro jarro adicionou-se o coagulante natural.

A adição do coagulante foi feita ao mesmo tempo para todos os conteúdos dos jarros e em seguida foi iniciado o ensaio. Todos os jarros tiveram o líquido e o coagulante misturados ao mesmo gradiente de velocidade e durante o mesmo tempo de detenção hidráulica para cada simulação de etapas da ETA.

O aparelho *Jar Test* foi ligado durante um minuto na velocidade modo 8, que corresponde a 450 rpm para simular a mistura rápida, em seguida alterou-se a velocidade para o modo 3, que corresponde a 40 rpm para simular a mistura lenta, ao longo de vinte minutos. Ao fim, as amostras foram mantidas em repouso no processo de decantação por 30 e 60 minutos e ao final desse tempo, a água já tratada, foi caracterizada quanto aos parâmetros pH, cor e turbidez. O primeiro com auxílio do pHmetro (Orion 210A), sendo os resultados fornecidos em unidades de pH, enquanto que para os dois últimos foi utilizado o colorímetro DR/890, com resultados expressos em Unidades Hazen (uH) e Unidades de Turbidez (uT), respectivamente.

Os três parâmetros de estudo foram desenvolvidos com base no *Standard Methods* (2012). A referência metodológica para a determinação da cor foi 2120 para comprimento de onda de $\lambda=455$ nm, enquanto que a do pH foi a 4500-H e a turbidez com referência metodológica de 2130.

Filtração

Após a caracterização das amostras, as mesmas foram submetidas à filtração rápida visando a remoção da matéria coagulada, e em seguida, tiveram os mesmos parâmetros analisados. Esse processo foi realizado usando papel filtro em compressor aspirador (Diapump).

2.4 Comparação dos resultados

Os resultados encontrados pós-tratamento com ambos coagulantes e apenas com a água bruta foram comparados aos critérios estabelecidos pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3 Resultados e discussão

A sequência das campanhas estudadas é a mesma para os resultados apresentados, seja com o uso das dosagens para o coagulante químico sulfato de alumínio, seja com a apresentação de dados devido à dosagem do coagulante natural tanino vegetal, como observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Sequência de campanhas e dosagens estudadas

| Campanha | Dosagem do Sulfato de Alumínio (mL.L-1) | Dosagem do Tanino Vegetal (mL.L-1) |
|----------------|---|------------------------------------|
| 1 ^a | 10,0 ± 0,5 | 4,0 ± 0,5 |
| 2 ^a | 20,0 ± 0,5 | 1,5 ± 0,5 |
| 3 ^a | 15,0 ± 0,5 | 2,0 ± 0,5 |
| 4 ^a | 30,0 ± 0,5 | 7,0 ± 0,5 |
| 5 ^a | 50,0 ± 0,5 | 8,0 ± 0,5 |
| 6 ^a | 80,0 ± 0,5 | 15,0 ± 0,5 |
| 7 ^a | 120,0 ± 0,5 | 10,0 ± 0,5 |

Fonte: Autoria própria (2018)

3.1 Caracterização da água bruta

A água bruta utilizada para receber os coagulantes apresentou pH, cor aparente e turbidez em função das campanhas conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros analisados para água bruta

| Campanha | pH | Cor Aparente (uH) | Turbidez(uT) |
|----------------|-------------|-------------------|--------------|
| 1 ^a | 7,35 ± 0,01 | 173 ± 1 | 13 ± 1 |
| 2 ^a | 6,78 ± 0,01 | 161 ± 1 | 15 ± 1 |
| 3 ^a | 8,10 ± 0,01 | 185 ± 1 | 33 ± 1 |
| 4 ^a | 7,02 ± 0,01 | 204 ± 1 | 19 ± 1 |
| 5 ^a | 6,98 ± 0,01 | 230 ± 1 | 21 ± 1 |
| 6 ^a | 6,42 ± 0,01 | 217 ± 1 | 20 ± 1 |
| 7 ^a | 6,47 ± 0,01 | 224 ± 1 | 17 ± 1 |

Fonte: Autoria própria (2018)

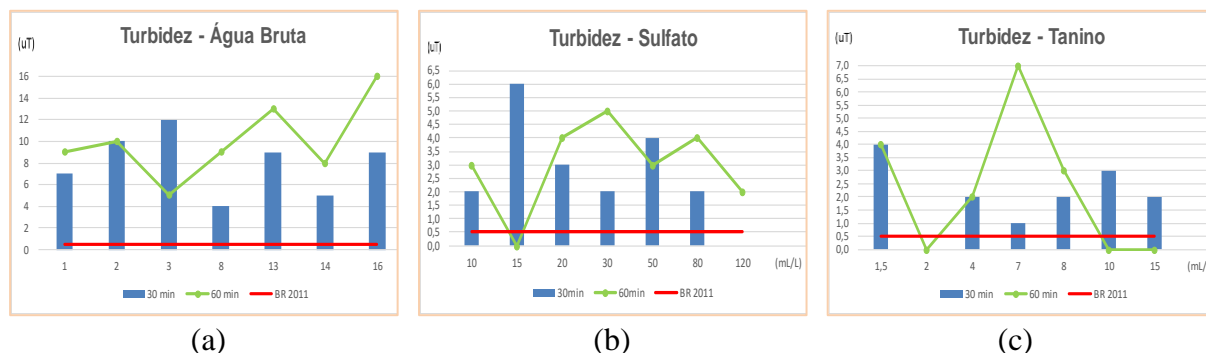
Parâmetro turbidez

A Figura 1 mostra os valores da turbidez da água bruta para parte das campanhas estudadas, variando entre 4 uT e 16 uT. Nota-se nessa figura que mesmo após os processos de decantação e filtração, sua turbidez manteve-se acima do permitido pela Brasil (2011), atestando a necessidade do uso de coagulantes para que o padrão de potabilidade adequado ao consumo humano seja alcançado.

O gráfico da Figura 1b diz respeito à água com adição do coagulante sulfato de alumínio. Dentre as campanhas estudadas, apenas a dosagem de 15 mL.L⁻¹ apresentou, após os períodos de decantação, resultado inferior ao limite especificado pela Portaria nº 2914 (BRASIL, 2011),

que é 0,5 uT. Na Figura 1 a linha horizontal vermelha remete a esse limite de aceitação, estabelecido.

Figura 1 – Turbidez após tratamento



Fonte: Autoria própria

Na Figura 1c, os valores de turbidez para a água com adição do tanino, apresentou três valores abaixo do limite após 60 min de decantação. Sendo eles as dosagens de 2 mL.L⁻¹, 10 mL.L⁻¹ e 15 mL.L⁻¹. Esta última, por sua vez, obteve eficiência máxima de remoção do parâmetro considerável, reduzindo de 16 uT na água bruta para 0 uT após tratamento.

Fazendo-se outra análise acerca dos gráficos apresentados na Figura 1, constata-se que não existe relação entre a maior dosagem apresentar os maiores índices de remoção à turbidez e vice-versa. Tal fato pode ser explicado pela água bruta apresentar qualidade variante conforme periodicidade das coletas.

Verifica-se, portanto, que embora as amostras que receberam o tanino vegetal tenham apresentado resultados mais expressivos quanto à redução do parâmetro turbidez, se comparado com as amostras com adição de sulfato de alumínio, não há total adequação aos parâmetros exigidos pelo Ministério da Saúde, já que é necessário que 95% das amostras apresentem turbidez menor ou igual a 0,5 uT.

Parâmetro cor aparente

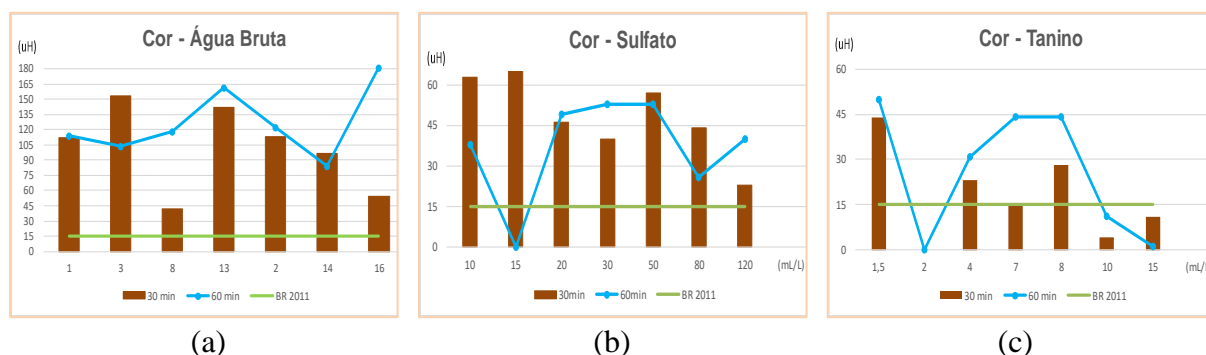
A água bruta utilizada obteve cor aparente em função das campanhas conforme Tabela 2, tendo os resultados do tratamento para esse parâmetro, com e sem adição dos coagulantes, apresentados na Figura 2.

Assim como a turbidez, a cor aparente da água bruta apresentou comportamento semelhante entre os tempos de decantação de 30 e 60 minutos, não apresentando oscilações significativas em função desse tempo.

No entanto, analisando a Figura 2a observa-se que o tratamento com os processos de decantação e filtração não foi suficiente para que a água bruta se adequasse ao padrão de

potabilidade da Brasil (2011), apresentando valores acima de 15 uH. Em vista disso, fica claro a necessidade de se utilizar coagulantes para que esta água possa ser útil ao consumo humano.

Figura 2 - Cor aparente após tratamento



Fonte: Autoria própria

A Figura 2b apresenta os dados de dosagem com sulfato de alumínio. Nele, observou-se que somente a dosagem de 15 mL.L⁻¹ trouxe resultado satisfatório, após a passagem pelos 60 min de decantação e posterior filtragem, reduzindo significativamente de 185±1 uH para 0 uH.

Já para o tratamento com tanino vegetal, as dosagens de 2 mL.L⁻¹, 10 mL.L⁻¹ e 15 mL.L⁻¹ enquadram-se, já nos primeiros 30 min de decantação e posterior filtração, aos padrões da portaria nº 2914 (BRASIL, 2011). Sendo a dosagem de 15 mL.L⁻¹ na 6ª campanha, a que obteve redução mais significativa. Esses valores foram assim encontrados devido à característica do tanino em formar flocos maiores e mais rapidamente se comparado ao sulfato de alumínio.

As mesmas dosagens também obtiveram resultados favoráveis à normalização estabelecida para o parâmetro turbidez, sendo, portanto, adequadas à clarificação da água bruta.

Em análise comparativa, o comportamento do parâmetro cor aparente seguiu a mesma tendência da turbidez, na qual o uso do tanino vegetal resultou em melhores remoções em relação ao uso do sulfato de alumínio.

Parâmetro pH

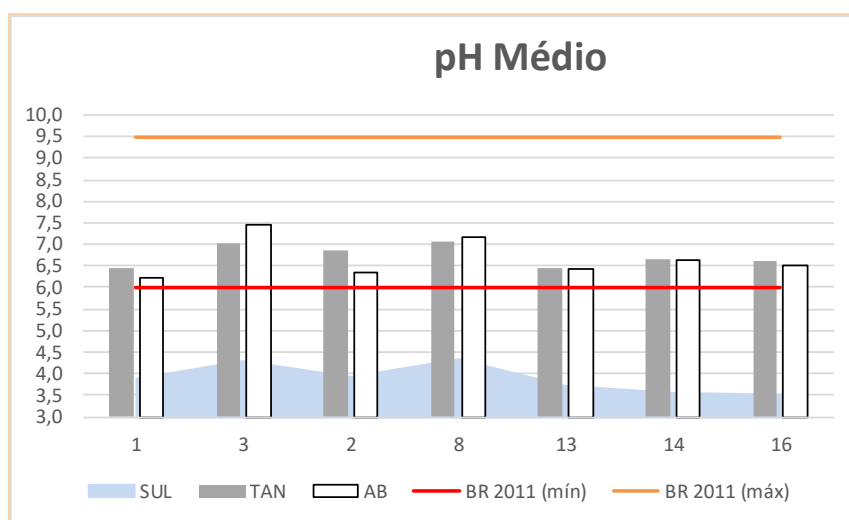
A água bruta (AB) coletada no manancial obteve os valores de pH médio entre 6,2 e 7,4 (Figura 3), permanecendo praticamente inalterados após os períodos de decantação, uma vez que não houve adição de qualquer coagulante. Perceba ainda, que esses valores respeitam a faixa estabelecida pelo Ministério da Saúde (pH entre 6,5 e 9), em se tratando do controle de qualidade da água para consumo humano.

Os valores de pH médio para o uso sulfato de alumínio (SUL) como coagulante, implicaram na redução do pH, com base no pH da água bruta, acarretando na necessidade do uso de produtos químicos para sua correção e adequação aos parâmetros máximos e mínimos exigidos.

O mesmo comportamento foi observado por Coral *et al.* (2009) e por Pavanelli (2001), este relata que normalmente os coagulantes químicos atuam como ácidos em solução, reduzindo a alcalinidade, e consequentemente o pH da mistura, necessitando assim da adição de alcalinizante, para enquadrar o pH na faixa recomendada por Brasil (2011).

Já as análises desse parâmetro para o coagulante tanino observadas na Figura 3, nota-se estabilização do pH em torno 7, o que se encontra dentro do recomendado. Conforme Martinez (1996), Martinez *et al.* (1997) e Barradas (2004), dentre as propriedades do Tanino, tem-se que o pH da água tratada não sofre alteração, pelo fato do processo de coagulação não haver consumo da alcalinidade do meio, trabalhando com faixa ampla de pH de 4,5 a 8,0.

Figura 3 – pH médio da água tratada



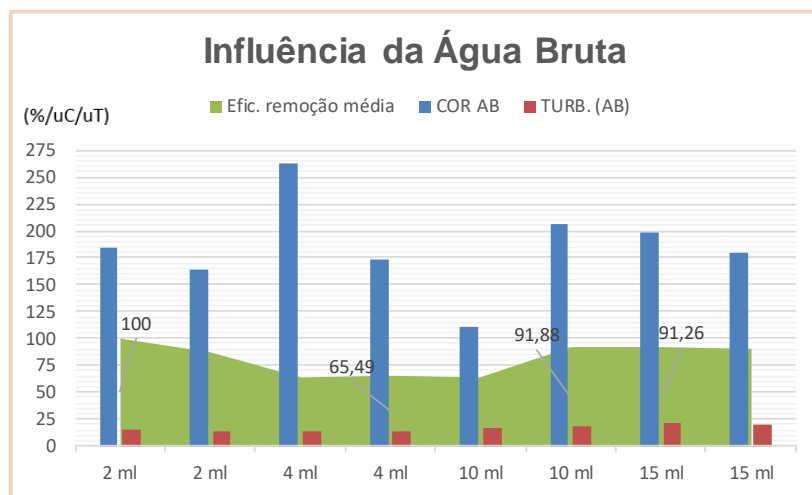
Fonte: Autoria própria

3.2 Influência da qualidade da água bruta na concentração de tanino

É certo que a qualidade da água influencia de maneira proporcional na quantidade de coagulante químico a ser utilizada. Segundo Fernandes *et al.* (2015), a dosagem de coagulante é função da natureza da concentração de contaminantes presentes no efluente bruto, não sendo possível estabelecer um valor fixo. Para o coagulante natural, o comportamento não é diferente. Alguns valores de dosagem de tanino foram repetidos ao longo das campanhas estudadas e, para 8 amostras de água bruta com qualidades díspares caracterizadas, foi verificado que o índice de eficiência total de remoção dos parâmetros cor e turbidez fora maior para aquelas com

menor qualidade (Figura 5). Isto é, a eficiência do uso do tanino é inversamente proporcional à qualidade da água bruta em análise.

Figura 5 – Influência da água bruta na dosagem do tanino



Fonte: Autoria própria

4 Considerações finais

De modo geral, embora os dois coagulantes tenham se mostrado eficientes no tratamento de água para abastecimento, os dados acerca dos parâmetros analisados comprovam a eficiência do coagulante Tanino Vegetal em substituição ao Sulfato de Alumínio no tratamento de água da ETA Poxim, no que tange os parâmetros: cor aparente, turbidez e pH. Dentro das limitações da pesquisa, verificou-se que a opção pelo uso do polímero biodegradável se caracterizou como alternativa ambientalmente viável, visto que os resultados encontrados dão a água características físico-químicas recomendadas, trazendo maiores benefícios em comparação com os do coagulante inorgânico. Estando em conformidade, portanto, com as diretrizes da Portaria nº 2914/2011, atendendo aos padrões de potabilidade para os parâmetros analisados. Ainda que a alternativa proposta tenha indicado possibilidades com relação à minoração dos impactos ambientais causados pelo próprio processo de tratamento convencional nos corpos d'água, estudos ainda devem ser realizados de forma a caracterizar por completo esse coagulante e sua eficiência no tratamento de águas para consumo humano.

Referências bibliográficas

BARRADAS, J. L. D. Tanino - Uma solução ecologicamente correta: agente floculante biodegradável de origem vegetal no tratamento de água. Novo Hamburgo: Publicação Técnica, 2004.

BRASIL. Portaria nº. 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** 2011.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente-CONAMA. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

CASTRO-SILVA, M. A. RÖRI, L. R. LAMB, L. H. HECK, C. A. DECUSATI, O. G. Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio). Microrganismos filamentosos. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n. 54, 2004.

CORAL, L. A., BERGAMASCO, R., BASSETTI, F. J. Estudo da Viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. **International Workshop advances in cleaner production**. São Paulo – Brazil. 2009.

DEVIRIMCI, H.A.; YUKSEL, M. Y.; SANIN, F. D. Algal alginate: a potential coagulant for drinking water treatment. *Desalination*, v.299, p.16–21, 2012.

FERNANDES, M.; SKORONSKI, E.; TREVISAN, V.; ALVES, M.V.; ELY, C.; JOÃO, J.J. Aplicação de tanino como coagulante no reuso da água de lavagem de automóveis e a utilização do lodo na agricultura. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**. Fortaleza.-Brasil.2015.

FIORENTINI, V. Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 872 p.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**. Rio de Janeiro, V. 6, n. 1, 2-15, Jan./Jul. 2013.

MARTINEZ, F. L. Taninos vegetais e suas aplicações. Universidade de Havana, Cuba, 1996.

MARTINEZ, F.L. Resinas de taninos vegetais para a Remoção de metais. Universidade de Havana, Cuba, 1997.

PIANTÁ, C.A.V. Empregos de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Porto Alegre: DECIV/EE/UFRGS, 2008.

PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO, J. H. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Blücher, 1995.

SEMARH. **Relatório Final do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**. Aracaju, 2015.

STANDARD Methods for examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA. 2012.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos. 3ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Editora UFMG, 2005.